

Sound suppression system

Patent Number: NL9201278
Publication date: 1993-10-01
Inventor(s):
Applicant(s): JACOBUS LAMBERTUS VAN MERKSTEI
Requested Patent: ☐ NL9201278
Application NL19920001278 19920715
Priority Number(s): NL19920001278 19920715; NL19920000444 19920310
IPC Classification: G10K11/16
EC Classification: G10K11/178E
Equivalents:

Abstract

A system to suppress essentially periodic sound emanating from a sound source comprises: at least one transducer (sensor) such as a vibration sensor or a microphone, linked to the sound source to transmit mechanical or acoustic vibrations; a computer with a program; and a loudspeaker system controlled by the computer and directed at the sound source. The computer receives signals from the transducer, analyses these signals in order to derive relevant information therefrom, such as frequencies, spectral compositions, repeat rates and (relative) levels, and on the basis of the result thereof drives the loudspeaker system in such a way that this generates a sound at location of the sound source, at least important components of which sound have substantially the same intensity as the sound emitted by the source and are of opposite phase in respect thereto.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

19



Octroolraad
Nederland

11 Publikatienummer: 9201278

12 A TERINZAGELEGGING

21 Aanvraagnummer: 9201278

51 Int.Cl.5:
G10K 11/16

22 Indieningsdatum: 15.07.92

30 Voorrang:
10.03.92 NL 9200444

43 Ter inzage gelegd:
01.10.93 I.E. 93/19

71 Aanvrager(s):
Jacobus Lambertus van Merkesteljn te Delden

72 Uitvinder(s):
Jacobus Lambertus van Merkesteljn te Stad Del-
den

74 Gemachtigde:
Ir. B.H.J. Schumann c.s.
Octrooibureau Arnold & Siedsma
Piet Heinstraat 7,
7511 JH Enschede

54 Systeem voor het onderdrukken van geluid

57 Een systeem voor het onderdrukken van van een geluidbron afkomstig, in hoofdzaak periodiek geluid omvat:
ten minste één voor overdracht van mechanische of akoestische trillingen met de geluidbron gekoppelde, opne-
mer, zoals een trillingsopnemer of een microfoon;
een computer met een programma; en
een door de computer bestuurd, op de geluidbron gericht luidsprekersysteem;
welke computer van de opnemer signalen ontvangt, deze signalen analyseert voor het het daaruit afleiden van
relevante informatie, zoals frequenties, spectrale samenstellingen, herhalingsfrequenties en (relatieve) niveaus,
en op basis van het resultaat daarvan het luidsprekersysteem zodanig drijft, dat dit ter plaatse van de geluidbron
een geluid genereert, waarvan althans belangrijke componenten in hoofdzaak dezelfde sterkte bezitten als het
door de bron afgegeven geluid en een ten opzichte daarvan tegengestelde fase vertoont.

NL A 9201278

De aan dit blad gehechte afdruk van de beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en) bevat afwijkingen ten opzichte van de oorspronkelijk ingediende stukken; deze laatste kunnen bij de Octrooiraad op verzoek worden ingezien.

SYSTEEM VOOR HET ONDERDRUKKEN VAN GELUID

De uitvinding heeft betrekking op een systeem voor het onderdrukken van geluid. Een dergelijk systeem is bekend. Het basisprincipe van het bekende systeem is gebaseerd op destructieve interferentie. Volgens dit principe wordt het
5 van een bron afkomstige geluid tot interferentie gebracht met het van een secundaire bron afkomstige geluid, welke secundaire bron een geluid genereert, dat dezelfde sterkte bezit als het van de bron afkomstige geluid, maar een tegengestelde fase bezit. Afhankelijk van de nauwkeurigheid
10 waarmee de secundaire bron op de primaire bron is ingesteld, kan het resultaat voor een luisteraar op een gekozen positie een kleinere of grotere verzwakking van het primaire geluid zijn. Een principieel nadeel van deze bekende techniek is, dat de configuratie principieel overeenstemt met een dipool,
15 namelijk twee gecorreleerde geluidbronnen. Een ideale dipool van het hierboven kort beschreven type zou voor bepaalde frekwenties en onder bepaalde hoeken een volledige uitdoving kunnen realiseren. Een principiële onderdrukking van het primaire geluid wordt hiermee evenwel niet bereikt. Zelfs
20 wordt door toevoeging van de secundaire bron de totale hoeveelheid uitgestraalde akoestische energie vergroot. Verder is het in de praktijk niet te verwezenlijken dat de secundaire bron de primaire bron exact volgt. Zelfs onder de hoeken, waarin in principe volledige uitdoving zou kunnen
25 worden bereikt, wordt dit ideaal dan ook nimmer gerealiseerd.

De uitvinding beoogt, bovengenoemde problemen van de bekende techniek op te lossen en verschaft daartoe een systeem voor het onderdrukken van van een geluidbron afkomstig, in hoofdzaak periodiek geluid, welk systeem omvat:
30 ten minste één voor overdracht van mechanische of akoestische trillingen met de geluidbron gekoppelde, opnemer, zoals een trillingsopnemer of een microfoon;
een computer met een programma; en
een door de computer bestuurd, op de geluidbron gericht
35 luidsprekersysteem;

9201278

welke computer van de opnemer signalen ontvangt, deze signalen analyseert voor het het daaruit afleiden van relevante informatie, zoals frekventies, spectrale samenstellingen, herhalingsfrekventies en (relatieve) niveaus, en op basis van het resultaat daarvan het luidsprekersysteem zodanig drijft, dat dit ter plaatse van de geluidbron een geluid genereert, waarvan althans belangrijke componenten in hoofdzaak dezelfde sterkte bezitten als het door de bron afgegeven geluid en een ten opzichte daarvan tegengestelde fase vertoont.

Volgens dit systeem wordt de primaire geluidbron, die hinder kan veroorzaken, aangestraald door de secundaire bron, en wel zodanig, dat de door de secundaire bron ter plaatse van de primaire bron gegenereerde geluiddruk nauwkeurig overeenstemt met de door de primaire bron gegenereerde geluiddruk, maar ten opzichte daarvan tegengestelde fase vertoont. Hiermee kan effectief worden bereikt, dat de primaire bron als het ware wordt "stilgezet". Hierdoor wordt zonder gebruikmaking van het hierboven beschreven nadelige dipoolprincipe de geluidafstraling door de primaire bron zelf tegengegaan.

De aandacht wordt erop gevestigd, dat het noodzakelijk is, de secundaire geluidbron, dus het luidsprekersysteem, zo effectief mogelijk op de bron zelf te richten. Denkt men bijvoorbeeld aan een machine, waarin een element telkens successievelijk in aangrijping komt met een ander element, en dus een tik produceert, dan moet sterk lokaal een corresponderend geluid op deze bron worden gericht.

Om het instellen van het luidsprekersysteem zo nauwkeurig mogelijk te doen plaatsvinden verdient die uitvoering de voorkeur, waarin de computer van een lerend type is, zodanig dat hij in staat is, het gedrag van de geluidbron te voorspellen en het luidsprekersysteem corresponderend te drijven.

In een bepaalde uitvoering vertoont het systeem de bijzonderheid dat tussen de opnemer en de computer een laagdoorlaatfilter is opgenomen. In het bijzonder kan dit laagdoorlaatfilter door de computer worden bestuurd. Op deze wijze kan worden voorkomen, dat de computer wordt gevoed met

stochastische, d.w.z. in het verband van de uitvinding niet-periodieke signalen en uitsluitend de lagere, en meest storende frekwenties behandeld. Tevens wordt op deze wijze gezorgd voor een correcte werking van de computer, die niet
5 wordt gehinderd door signalen, die door het systeem volgens de uitvinding niet kunnen worden behandeld. Dergelijke signalen zijn van een min of meer willekeurig of ruis-achtig karakter en bevinding zich in hoofdzaak in het gebied van hogere frekwenties. Bijvoorbeeld kan worden gedacht aan een
10 afsnij-frekwentie van het laagdoorlaatfilter tussen bijvoorbeeld 300 en 3000 Hz.

De secundaire bron, d.w.z. het luidsprekersysteem, dient in staat te zijn, bij de relevante frekwentie of frekwenties een geluiddrukkniveau te produceren, dat
15 overeenkomt met het van de geluidbron afkomstige geluid. Bijvoorbeeld voor het onderdrukken van machinelawaai kan dit een zeer hoog niveau zijn, bijvoorbeeld 120 dB SPL of hoger. Om dergelijke geluiddrukken met grote getrouwheid te kunnen genereren kan worden gebruik gemaakt van een uitvoering,
20 waarin het luidsprekersysteem van een afstembaar, resonerend type is en door de computer bestuurd afstemmiddelen omvat.

Dit systeem kan bijvoorbeeld zodanig zijn uitgevoerd dat het luidsprekersysteem een resonantiebuis met variabele lengte omvat, het einde van welke buis open is en nabij de
25 bron geplaatst is.

Een zeer eenvoudige uitvoering van dit principe vertoont de bijzonderheid dat de luidspreker is bevestigd in een verplaatsbare eindwand.

Om met eenvoudige middelen de geluidreductie groot te
30 doen zijn kan een systeem met een afstembaar luidsprekersysteem de bijzonderheid vertonen dat de computer is ingericht voor het bepalen van een dominerende frekwentie en voor het daarop instellen van de afstemmiddelen. Duidelijk zal zijn, dat bijvoorbeeld bij een variabele resonantiebuis
35 de sturing van de lengte van de buis wordt bepaald door de gewenste resonantiefrekwentie. Deze resonantiefrekwentie moet overeenstemmen met de dominerende frekwentie van de bron, d.w.z. de te onderdrukken frekwentie. De computer, in het bijzonder een computer van lerend type kan, gegeven de te

stochastische, d.w.z. in het verband van de uitvinding niet-periodieke signalen en uitsluitend de lagere, en meest storende frekwenties behandeld. Tevens wordt op deze wijze gezorgd voor een correcte werking van de computer, die niet
5 wordt gehinderd door signalen, die door het systeem volgens de uitvinding niet kunnen worden behandeld. Dergelijke signalen zijn van een min of meer willekeurig of ruis-achtig karakter en bevinding zich in hoofdzaak in het gebied van hogere frekwenties. Bijvoorbeeld kan worden gedacht aan een
10 afsnij-frekwentie van het laagdoorlaatfilter tussen bijvoorbeeld 300 en 3000 Hz.

De secundaire bron, d.w.z. het luidsprekersysteem, dient in staat te zijn, bij de relevante frekwentie of frekwenties een geluiddrukkniveau te produceren, dat
15 overeenkomt met het van de geluidbron afkomstige geluid. Bijvoorbeeld voor het onderdrukken van machinelawaai kan dit een zeer hoog niveau zijn, bijvoorbeeld 120 dB SPL of hoger. Om dergelijke geluiddrukken met grote getrouwheid te kunnen genereren kan worden gebruik gemaakt van een uitvoering,
20 waarin het luidsprekersysteem van een afstembaar, resonerend type is en door de computer bestuurd afstemmiddelen omvat.

Dit systeem kan bijvoorbeeld zodanig zijn uitgevoerd dat het luidsprekersysteem een resonantiebus met variabele lengte omvat, het einde van welke bus open is en nabij de
25 bron geplaatst is.

Een zeer eenvoudige uitvoering van dit principe vertoont de bijzonderheid dat de luidspreker is bevestigd in een verplaatsbare eindwand.

Om met eenvoudige middelen de geluidreductie groot te
30 doen zijn kan een systeem met een afstembaar luidsprekersysteem de bijzonderheid vertonen dat de computer is ingericht voor het bepalen van een dominerende frekwentie en voor het daarop instellen van de afstemmiddelen. Duidelijk zal zijn, dat bijvoorbeeld bij een variabele resonantiebus
35 de sturing van de lengte van de bus wordt bepaald door de gewenste resonantiefrekwentie. Deze resonantiefrekwentie moet overeenstemmen met de dominerende frekwentie van de bron, d.w.z. de te onderdrukken frekwentie. De computer, in het bijzonder een computer van lerend type kan, gegeven de te

9201278

onderdrukken frekventie van de bron, het luidsprekersysteem zodanig instellen, dat een zo goed mogelijke onderdrukking wordt bereikt.

Om het resonerende luidsprekersysteem automatisch en
 5 betrouwbaar door de computer te laten instellen kan gebruik worden gemaakt van een rechtstreeks met het luidsprekersysteem gekoppelde opnemer, zoals een trillingsopnemer of een microfoon, die signalen aan de computer toevoert voor het instellen van de afstemmiddelen.

10 Een praktische variant vertoont de bijzonderheid dat de computer is ingericht voor het uitvoeren van een FFT (Fast Fourier Transform).

Teneinde de focussering van het van het luidsprekersysteem afkomstige geluid op de geluidbron zo goed
 15 mogelijk te maken, kan het systeem de bijzonderheid vertonen dat in de resonantiebus een ventilator uitmondt, die lucht in de resonantiebus kan blazen.

De uitvinding zal nu worden toegelicht aan de hand van bijgaand schema van een uitvoeringsvoorbeeld.

20 Een machine 1 omvat, bij wijze van voorbeeld, twee geluidbronnen, die respectievelijk met 2 en 3 zijn aangeduid. Beide bronnen geven geluid met een in hoofdzaak periodiek karakter af. Het van de bronnen 2, 3 afkomstige geluid wordt in deze uitvoering opgenomen door een tweetal microfoons,
 25 respectievelijk 4, 5, die in de onmiddellijke nabijheid van de bronnen 2, 3 zijn geplaatst. De uitgangsignalen van de microfoons 4, 5 worden via respectievelijk een versterker 6, 7, een bestuurbaar laagdoorlaatfilter 8, 9, een fase-omkeerschakeling 10, 11 en een versterker 12, 13 toegevoerd
 30 aan een computer 14. Deze computer 14 is geladen met een programma, dat in staat is tot het uitvoeren van een snelle fourier-transformatie. Op basis van deze fourier-transformatie kan de computer dominerende frekventies in het van de microfoons 4, 5 afkomstige signaal vaststellen en een
 35 corresponderend signaal genereren, dat wordt toegevoerd aan respectieve luidsprekers 15, 16.

Deze luidsprekers 15, 16 zijn schuifbaar opgenomen in respectieve resonantiebuizen 17, 18 onder besturing door bijbehorende motoren 19, 20, die op hun beurt door de

computer 14 worden bestuurd. Door bekrachtiging van de motoren 19, 20 kunnen de luidsprekers 15, 16 in de bijbehorende buis 17, 18 worden verschoven, zodanig dat het systeem in staat is, de frekwentie, waarmee de luidsprekers 5 15, 16 worden bedreven, in overeenstemming te brengen met de effectieve lengte van de buis 17, 18, d.w.z. de afstand tussen de luidspreker 15, 16 en de eindwanden 21, 22. Aan deze harde eindwanden sluiten smallere buizen 23, 24 aan, waarvan het open einde 25, 26 zich in de onmiddellijke 10 nabijheid van de primaire bron 2, 3 bevindt en fungeert als secundaire bron.

In de resonantiebuizen 17, 18 zijn nabij de eindwanden 21, 22 microfoons 27, 28 geplaatst. Deze zijn verbonden met versterkers 29, 30 voor toevoer van microfoonsignalen aan de 15 computer 14. Voor een goed begrip van de uitvinding behoeft slechts één van de beide als voorbeeld getekende lussen te worden beschreven. De hierna volgende beschrijving beperkt zich tot onderdrukking van het door de geluidbron 2 afgestraalde geluid.

20 Het van de microfoon 4 afkomstige signaal wordt versterkt, althans op geschikt niveau gebracht, door een versterker 6. Het uitgangssignaal van deze versterker 6 wordt toegevoerd aan het laagdoorlaatfilter 8, dat hogere 25 frekwenties, bijvoorbeeld boven 1 kHz onderdrukt met gekozen filtersteilheid. Hiermee wordt voorkomen, dat voor de werking van het systeem volgens de uitvinding hinderlijke signalen effectief worden onderdrukt en het systeem zich kan concentreren op de lagere te behandelen frekwenties.

Het uitgangssignaal van het filter 9 wordt aan een 30 fase-omkeerschakeling 11 toegevoerd. Opgemerkt wordt, dat het gebruik van een fasedraaier niet onder alle omstandigheden noodzakelijk is en sterk van de opbouw van het systeem afhankelijk is. Bijvoorbeeld kan de computer 14 op digitale wijze een gewenste fasedraaiing introduceren. Voorts 35 introduceert ook het luidsprekersysteem 15, 17, 21, 23, 25 nog een zekere fasedraaiing, waarmee de computer bij het aansturen van de luidspreker 15 rekening kan houden. Voorwaarde is, dat het van de secundaire bron 25 afkomstige geluid voor een gegeven frekwentie in tegenfase is met het

door de primaire bron 2 afgestraalde geluid, zoals opgenomen door de microfoon 4.

Het van de fase-omkeerschakeling 11 afkomstige signaal wordt opnieuw versterkt, althans op het juiste niveau
 5 gebracht, door een versterker 13, het uitgangssignaal waarvan aan de computer 14 wordt aangeboden. De computer 14 voert een snelle fourier-transformatie uit en is ingericht voor het bepalen van een frekwentie waarvan de objectieve of subjectieve sterkte het grootst is. In dit laatste verband
 10 wordt de aandacht erop gevestigd, dat een frekwentie met grotere sterkte onder omstandigheden als minder hinderlijk kan worden ervaren, omdat zijn luidheid geringer is. Dit kan enerzijds worden veroorzaakt door de plaats van de geluidbron in de machine 1, en anderzijds als gevolg van het frekwentie-
 15 afhankelijke karakter van luidheid. In het bijzonder voor niet zeer hoge niveaus neemt de luidheid met afnemende frekwentie af. De computer 14 kan zijn ingericht voor het bepalen van de luidheid, die bijvoorbeeld door bedienende personen in de omgeving wordt waargenomen. Op basis van deze
 20 bepaalde frekwentie genereert de computer 14 een corresponderend elektrisch signaal, dat aan de luidspreker 15 wordt toegevoerd.

Tevens bestuurt de computer de motor 19 zodanig, dat de luidspreker 15 in een positie wordt gebracht, waarin de
 25 luchtkolom in de resonantiebuï 17 op die frekwentie resoneert. Hierbij wordt aangetekend, dat de resonantiefrekwentie in relatie tot de lengte van de luchtkolom mede afhangt van de temperatuur het vochtgehalte. In verband daarmee kan een temperatuurvoeler 31 en een vocht-
 30 voeler 32 worden toegepast, die met de computer 14 zijn verbonden. De microfoon 27 meet de geluidsdruk nabij de harde wand 21. Deze geluidsdruk wordt door de computer 14 geëvalueerd voor het vaststellen van de juiste positie van de luidspreker 15 in de motor 17. Daartoe wordt de motor 19 in
 35 die richting en zolang bekrachtigd, totdat de grootste geluidsdruk is bereikt.

De sterkte van het aan de luidspreker 15 toegevoerde signaal moet zodanig zijn, dat ter plaatse van het open einde
 25 de geluidsdruk even hoog is als die, welke door de bron 2

zelf wordt gegenereerd. Ook deze instelling wordt door de computer verzorgd.

De computer 14 begint met een grove inschatting met bijbehorende instelling van de luidspreker, zowel wat betreft
 5 zijn geluidafgifte als zijn positie, en verfijnt in een aantal fasen de instelling. De regeling vindt zodanig plaats, dat er een hoogtbereikbare geluidreductie wordt gerealiseerd.

Om het geluid zoveel mogelijk op de bronnen 2, 3 te kunnen richten, kan desgewenst ook nog gebruik worden gemaakt
 10 van ventilatoren 33, 34. Deze ventilatoren 33, 34 zuigen lucht uit de omgeving aan en blazen die in in de door de resonantiebuizen 17, 18 omsloten ruimte. Deze lucht kan uitsluitend via de vrije einden 25, 26 uittreden. Door deze systematische luchtstroom kan het door de luidsprekers 15, 16
 15 opgewekte geluid met vergrote effectiviteit worden gericht op de geluidbronnen 2, 3. De computer 14 bestuurt de ventilatoren 33, 34 en wel zodanig, dat de door deze ventilatoren opgewekte luchtstroom kan worden gemanipuleerd bij het uitvoeren van het algoritme, met behulp waarvan de
 20 bereikte geluidreductie zo groot mogelijk wordt gemaakt.

De aandacht wordt erop gevestigd, dat ook andere dan de getekende luidsprekersystemen voor toepassing binnen het kader van de uitvinding geschikt kunnen zijn. Bijvoorbeeld kan worden gedacht aan een "phased array", waarbij een aantal
 25 luidsprekerelementen met verschillende fasen worden aangestuurd, waardoor op de wijze van een Fresnel-principe een scherpe focussering op een bron kan worden gerealiseerd. Hierbij wordt aangetekend, dat het gebruik van resonerende systemen het voordeel kan hebben, dat met betrekkelijk
 30 geringe excitatie-energie een hoog geluiddrukkniveau kan worden bereikt.

Tevens wordt opgemerkt, dat binnen het kader van de uitvinding als "luidsprekersysteem" tevens een transducenssysteem moet worden verstaan, dat in staat is,
 35 bijvoorbeeld door rechtstreekse mechanische overdracht een primaire bron stil te zetten door de bron een trilling in tegenfase op te drukken.

X Sch/sm/Merk-5p

CONCLUSIES

1. Systeem voor het onderdrukken van van een geluidbron afkomstig, in hoofdzaak periodiek geluid, welk systeem omvat:
ten minste één voor overdracht van mechanische of akoestische trillingen met de geluidbron gekoppelde, opnemer,
5 zoals een trillingsopnemer of een microfoon;
een computer met een programma; en
een door de computer bestuurd, op de geluidbron gericht luidsprekersysteem;
welke computer van de opnemer signalen ontvangt, deze
10 signalen analyseert voor het het daaruit afleiden van relevante informatie, zoals frekwenties, spectrale samenstellingen, herhalingsfrekwenties en (relatieve) niveaus, en op basis van het resultaat daarvan het luidsprekersysteem zodanig drijft, dat dit ter plaatse van de
15 geluidbron een geluid genereert, waarvan althans belangrijke componenten in hoofdzaak dezelfde sterkte bezitten als het door de bron afgegeven geluid en een ten opzichte daarvan tegengestelde fase vertoont.
2. Systeem volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de
20 computer van een lerend type is, zodanig dat hij in staat is, het gedrag van de geluidbron te voorspellen en het luidsprekersysteem corresponderend te drijven.
3. Systeem volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat tussen de opnemer en de computer een laagdoorlaatfilter is
25 opgenomen.
4. Systeem volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat het laagdoorlaatfilter door de computer kan worden bestuurd.
5. Systeem volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat het luidsprekersysteem van een afstembaar, resonerend type is
30 en door de computer bestuurd afstemmiddelen omvat.
6. Systeem volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat het luidsprekersysteem een resonantiebuis met variabele lengte omvat, het einde van welke buis open is en nabij de bron geplaatst is.

9201278

7. Systeem volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat de luidspreker is bevestigd in een verplaatsbare eindwand.

8. Systeem volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat de computer is ingericht voor het bepalen van een dominerende
5 frekwentie en voor het daarop instellen van de afstemmiddelen.

9. Systeem volgens conclusie 8, met het kenmerk, dat een dominerende frekwentie mede op basis van luidheid wordt bepaald.

10 10. Systeem volgens conclusie 8, gekenmerkt door een rechtstreeks met het luidsprekersysteem gekoppelde opnemer, zoals een trillingsopnemer of een microfoon, die signalen aan de computer toevoert voor het instellen van de afstemmiddelen.

15 11. Systeem volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de computer is ingericht voor het uitvoeren van een FFT (Fast Fourier Transform).

12. Systeem volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat in de resonantiebus een ventilator uitmondt, die lucht in de
20 resonantiebus kan blazen.

